

地下水質分析及び解析業務

報告書 (概要版)

平成 23 年度調査

安曇野市

1. 調查目的

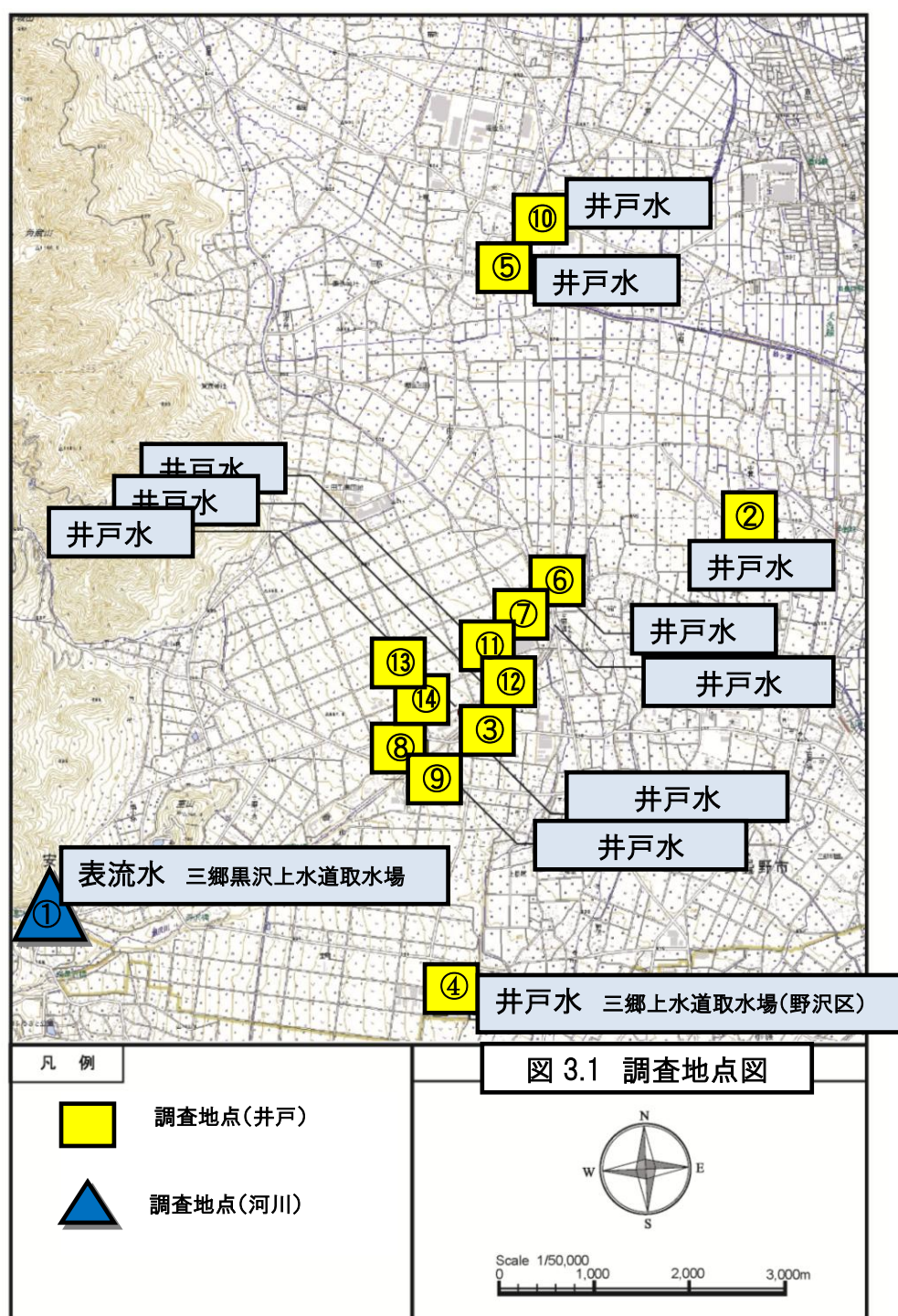
三郷地区(一部堀金地区を含む)において井戸水に含まれる硝酸態窒素の起源を特定し、また窒素安定同位体比を用いて窒素の起源についての推定を試みた。

2. 調查時期

平成23年11月～平成24年1月

3. 調査地点

調査地点の概要を調査地点図 3.1 に示す。



4. 調査方法

表流水は河川表層から、地下水は蛇口から、それぞれ試料容器に直接採取した。採取した試料はクーラーボックスに入れて持ち帰った。

5. 調査、検査項目

窒素安定同位体比(以下、「 $\delta^{15}\text{N}$ (デルタジュウゴエヌ)という」)*の分析方法は、試料をガラスろ紙でろ過後に、硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素濃度に応じて、試料をロータリーエバポレーターで濃縮し、スズ箔に入れて凍結乾燥後、スズ箔に入れたまま分析器に投入し、 $\delta^{15}\text{N}$ 値を測定した。

$\delta^{15}\text{N}$ 値は元素分析計(Thermo Fisher Scientific 社、Flush EA 1112)を接続した質量分析計(Thermo Fisher Scientific 社、Delta V Advantage)を用いて測定した。ワーキングスタンダードにはグリシン($\delta^{15}\text{N}=-0.2\text{‰}$)を用いた。 $\delta^{15}\text{N}$ 値は、大気窒素を基準として、 δ 値として千分率(‰;パーミル)で表した。

$$\delta^{15}\text{N 値(‰)} = (\text{R}_{\text{試料}} / \text{R}_{\text{大気}} - 1) \times 1000$$
$$\text{R} = {}^{15}\text{N} / {}^{14}\text{N}$$

*:すべての物質は原子の組み合わせによって構成されている。原子は原子核と電子から構成され、さらに原子核は陽子と中性子から構成されている。同位体とは、同じ原子番号ではあるが、中性子の数が異なるため、重さ(質量数)の異なる元素のことである。窒素の安定同位体には、質量数 14 の ${}^{14}\text{N}$ と質量数 15 の ${}^{15}\text{N}$ があり、安定同位体比とは、この質量数の異なる同位体の存在比率のことである。同位体比には放射性同位体と安定同位体があり、安定同位体は放射能をもたない。

6. 窒素供給源の推定方法

一般に、地下水中の硝酸態窒素の供給源は、農業系(化学肥料、有機肥料、植物残渣)、畜産系(畑地還元、畜産排水など)、生活排水系、工場・事業所系、自然系(森林など)と多様であり、供給源が複合していることが多い。本調査では窒素の $\delta^{15}\text{N}$ を用いて窒素供給源の推定を行った。窒素化合物の $\delta^{15}\text{N}$ は、その生成過程等により大きく異なり、それぞれの窒素供給源に対してほぼ一定の値を示す。そのため、 $\delta^{15}\text{N}$ を指標として窒素供給源を推定することが可能である。

表 6.1 に窒素供給源別の $\delta^{15}\text{N}$ 値の報告例を示す。

表 6.1 窒素供給源別の $\delta^{15}\text{N}$ 値

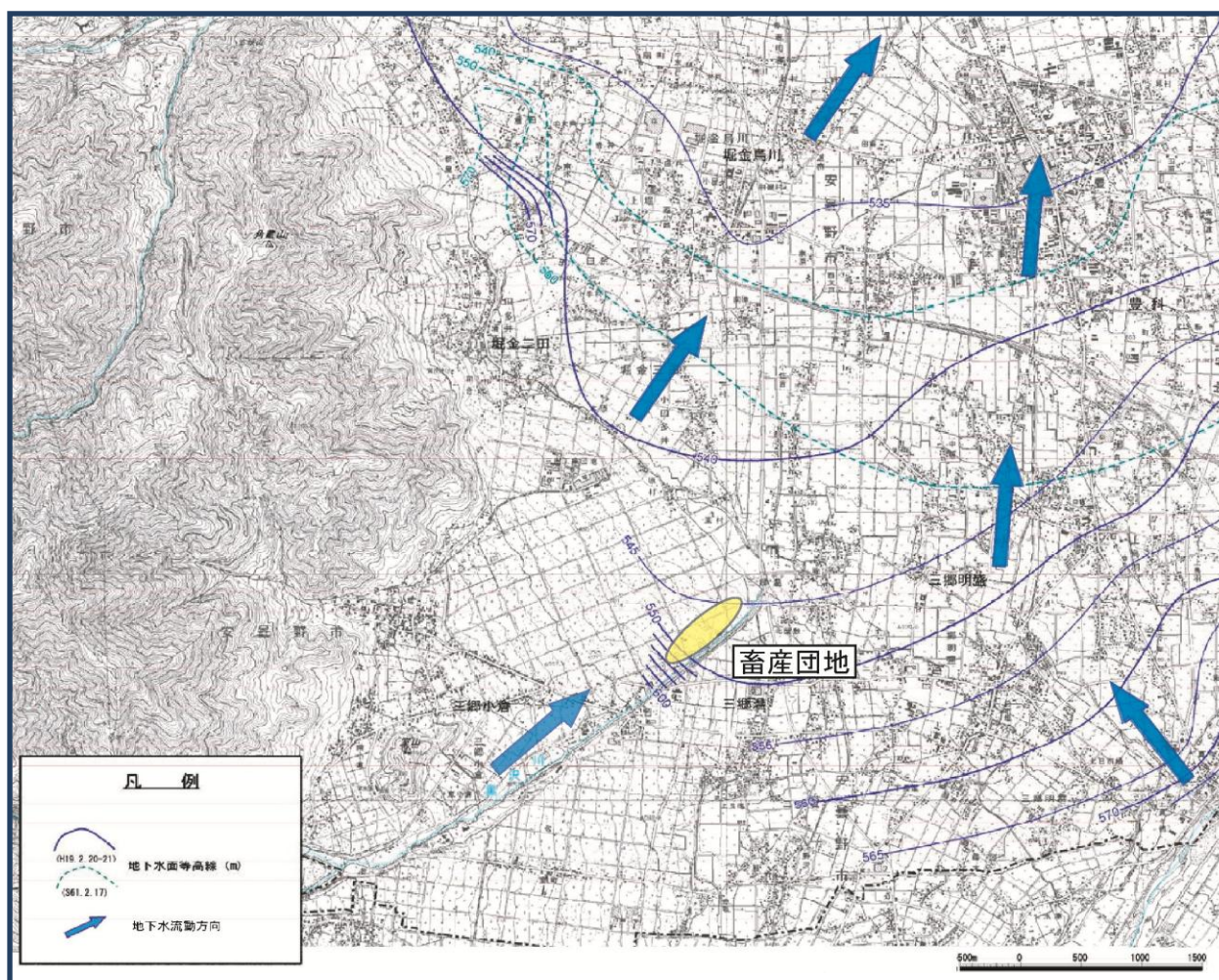
窒素供給源の種類	$\delta^{15}\text{N}$ (‰)
降雨	-8~2
化学肥料	-8~8
家庭排水	8~15
家畜糞尿	10~22

出典: 森田明雄 $\delta^{15}\text{N}$ 値を用いて窒素の流出起源を知る; 環境負荷を予測する, 75-90

7. 地域の概況

(1) 地下水の流向

地下水の流向は、西側斜面では西から東に流れ、盆地の平坦部にはいつてからは北よりに流れている。



「平成 18 年度地下水実態調査報告書 地下水位等高線図一部改」

図 7.1 地下水位等高線図

(2) 農地の利用状況（三郷・堀金地区）

三郷地区では、畜産団地周辺から西の山際まで果樹園と畑が広がっている。一方、堀金地区では山林を除き、多くは水田として利用されている。

参考として、三郷地区の果樹園で多く栽培されているリンゴと堀金地区で多く栽培されている稲の施肥量の目安を表 7.2 および表 7.3 示す。この目安とは、あづみ農業協同組合で推奨されている施肥量であり、農家ではこの施肥量を目安として施肥を行っている。この目安をみると、りんごへの施肥量は、窒素比でみると、化学肥料と有機肥料とがおよそ同量である。

表 7.2 りんごの施肥基準(わい化栽培)（参考）

施肥 時期	樹齢	1～2 年	3～4 年	5～6 年	7 年以上	窒素成分
	目標収量	—	1～1.5t	2～3t	4～5t	
礼肥	硫安	—	10kg	15kg	20kg	21%
年内	炭苦土(粒) ^{注2}	7 袋	7 袋	7 袋	7 袋	0%
年内	味わい ECO ^{注3}	2 袋	3 袋	4 袋	5 袋	8%
年内	発酵けいふん	—	4 袋	6 袋	8 袋	3%

注 1) 10a あたり

注 2) 酸度矯正のために使用

注 3) 混合有機肥料であり、有機物を 50%含んでいる。

出典)「安曇野の果樹 果樹施肥基準表(平成 24 年度)」あづみ農業協同組合、あづみ農協果樹園芸専門委員会

表 7.3 水稻本田施肥基準(土想神タイプ)（参考）

施肥時期	肥料名	施肥量	窒素成分
基肥	土想神	100kg	0%
基肥	堆肥又はアヅミン	1000kg 40kg	— ^{注2}
基肥	スーパー安曇野 ECO	50 kg	10%
追肥	けい酸加里 10 または BM マルチサポート 1 号	40 kg (40 kg)	0%
穂肥	BBNKC-201 号	10 kg	20%
穂肥	固形 136 号	20 kg	10%

注 1) 10a あたり、目標反収 600kg

注 2) 腐植酸を補うために施肥されている。そのため、製品に窒素の成分表示がない。

出典:「水稻・家庭菜園等の栽培(施肥及び防除)基準兼予約注文(平成 24 年度)」あづみ農業協同組合

8. 調査結果

1) 水質基準との比較

表 8.1 に水質の調査結果を示す。なお、表流水及び井戸水については、水道法4条に基づく水質基準等と比較した。

表流水および井戸水については、②、④、⑤、⑥、⑦、⑧、⑨、⑩、⑪は水道水の水質基準に適合していた。①では濁度が、③では一般細菌が、⑭では一般細菌および大腸菌が水質基準に適合していなかった。

硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素については、⑫は 11mg/L、⑬は 12mg/L と高く、水質基準に適合していなかった。

表 8.1 井戸水の水質調査結果

検査項目	単位	表流水	井戸水							基準
		① 三郷黒沢上水道取水場 (取水口:浄化前)	②	③	④ 三郷上水道取水場(野沢区)	⑤	⑥	⑦	⑧	
一般細菌	個/mL	48	0	410	1	0	2	7	2	100 以下
大腸菌	—	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	検出されないこと
硝酸態窒素および亜硝酸態窒素	mg/L	0.14	3.2	1.8	4.0	7.2	5.2	7.9	9.9	10 以下
塩化物イオン	mg/L	0.46	7.8	3.2	7.7	6.7	8.3	9.9	7.8	200 以下
有機物(全有機炭素(TOC)の量)	mg/L	0.4	0.1 未満	0.2	0.1 未満	0.4	0.1 未満	0.3	0.1 未満	3 以下
pH 値	—	6.7	6.4	6.2	6.3	6.1	6.4	6.3	6.2	5.8~8.6
味	—	測定不能*	異常なし	測定不能*	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常でない
臭気	—	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常でない
色度	度	2.5	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	5 以下
濁度	度	2.6	0.2	0.3	0.1 未満	0.1	0.1 未満	0.1 未満	0.1 未満	2 以下
生物化学的酸素要求量(BOD)	mg/L	0.6	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	0.9	0.5 未満	—
浮遊物質質量(SS)	mg/L	2	1 未満	3	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	—
井戸の深さ	m	—	72、130 注1	14.22 注2	79.75	60	120	80	160	—

注1) ②について72mと130mの水深から揚水した混合水 注2) ③については、管頭水位を記載

検査項目	単位	井戸水						基準
		⑨	⑩	⑪	⑫	⑬	⑭	
一般細菌	個/mL	0	2	2	3	13	180	100 以下
大腸菌	—	不検出	不検出	不検出	不検出	不検出	検出	検出されないこと
硝酸態窒素および亜硝酸態窒素	mg/L	0.75	7.2	8.3	11	12	4.7	10 以下
塩化物イオン	mg/L	14.0	7.2	8.7	9.3	9.2	6.0	200 以下
有機物(全有機炭素(TOC)の量)	mg/L	0.1 未満	0.2	0.2	0.2	0.1	0.8	3 以下
pH 値	—	6.9	6.4	6.2	6.2	6.3	6.5	5.8~8.6
味	—	異常なし	異常なし	異常なし	測定不能*	測定不能*	測定不能*	異常でない
臭気	—	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常なし	異常でない
色度	度	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	0.5 未満	2.4	2.4	5 以下
濁度	度	0.1 未満	0.7	0.2	0.1 未満	8.2	1.7	2 以下
生物化学的酸素要求量(BOD)	mg/L	0.5 未満	0.5 未満	1.2	0.5 未満	0.5 未満	7.4	—
浮遊物質質量(SS)	mg/L	1 未満	1 未満	1 未満	1 未満	7	1	—
井戸の深さ	m	250	170	65	150	150	200	—

* :水質基準に不適合の項目がある場合には味の項目は測定していない。 :水質基準に不適合

2) 窒素安定同位体比等の調査結果

表 8.2 に井戸の深さおよび $\delta^{15}\text{N}$ 値の調査結果を示す。井戸の深さは表層十数 m のごく浅い井戸から 250m の深井までと幅広く分布している。 $\delta^{15}\text{N}$ は区分ごとで値が大きく異なり、表流水は 1.3‰、井戸水では、4.9~9.4‰ の範囲であった。

表 8.2 井戸の深さおよび $\delta^{15}\text{N}$ 値の調査結果

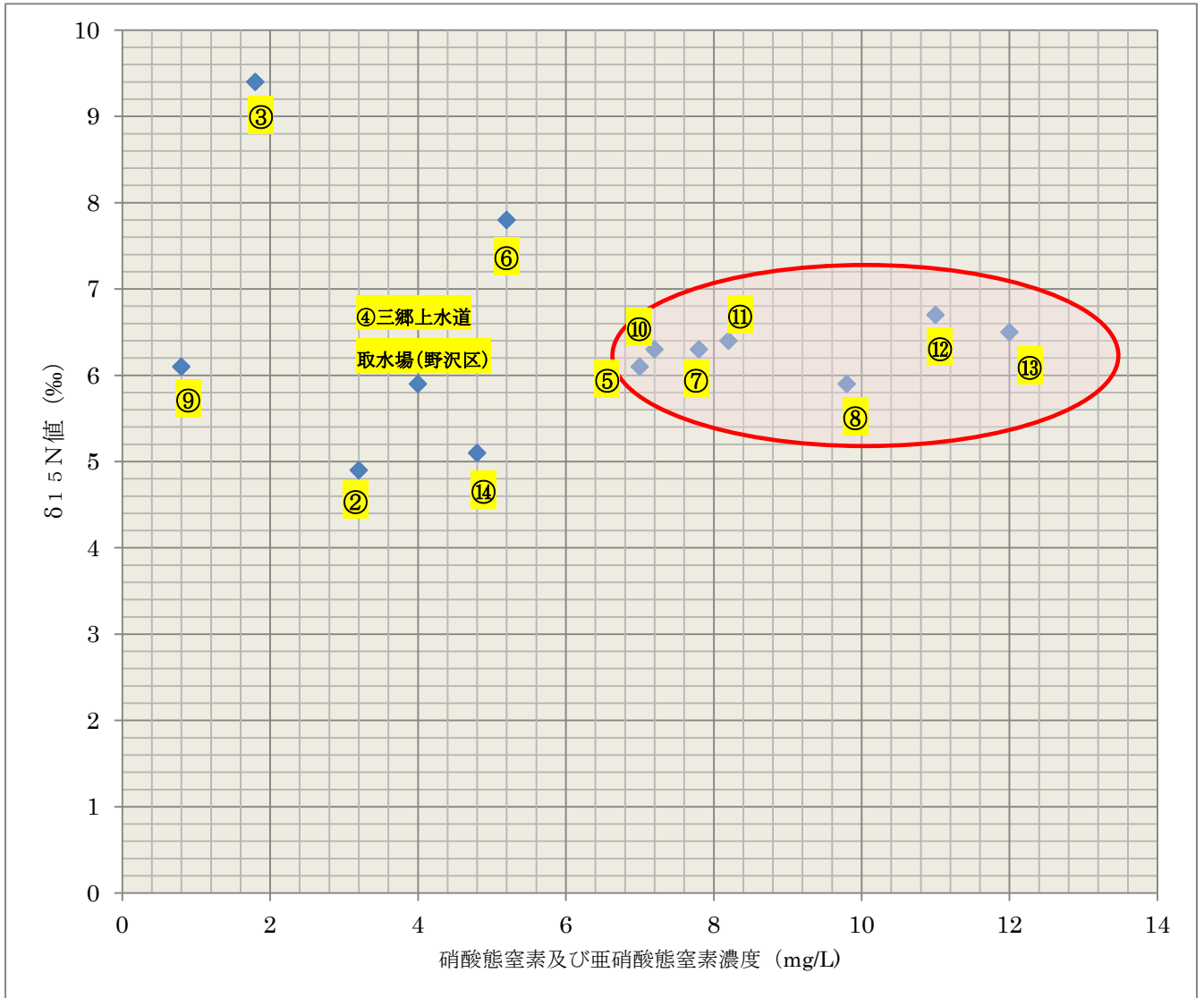
区分	地区	調査地点名	井戸の深さ (m)	$\delta^{15}\text{N}$ 値 (‰)	備 考
表流水		①三郷黒沢 上水道取水場		1.3 ^{注1}	注 1) 1 月 12 日の再測定の結果を掲載
	三郷	②	72, 130 ^{注2}	4.9	注 2) 72m と 130m の水深から揚水した混合水
		③	14.22 ^{注3}	9.4	注 3) ③井戸については、管頭水位を記載
		④三郷上水道 取水場(野沢区)	79.75	5.9	
	堀金	⑤	60	6.1	
	三郷	⑥	120	7.8	
		⑦	80	6.3	
		⑧	160	5.9	
		⑨	250	6.1	
	堀金	⑩	170	6.3	
	三郷	⑪	65	6.4	
		⑫	150	6.7	
		⑬	150	6.5	
		⑭	200	5.1	

3) 窒素供給源の推定

(1) 硝酸態窒素と $\delta^{15}\text{N}$ との関係

硝酸態窒素 $\delta^{15}\text{N}$ 値との関係を図 8.3 に示す。

相対的に硝酸態窒素濃度の高い地点は同程度の $\delta^{15}\text{N}$ 値を示しており(図中の赤丸の範囲内)、同一の窒素供給源によって地下水が影響を受けている可能性がある。



◆ :各調査井戸

図 8.3 硝酸態窒素及び亜硝酸態窒素と $\delta^{15}\text{N}$ との関係

4) 各窒素供給源の寄与率

各窒素供給源の寄与率を図 8.4 に示す。

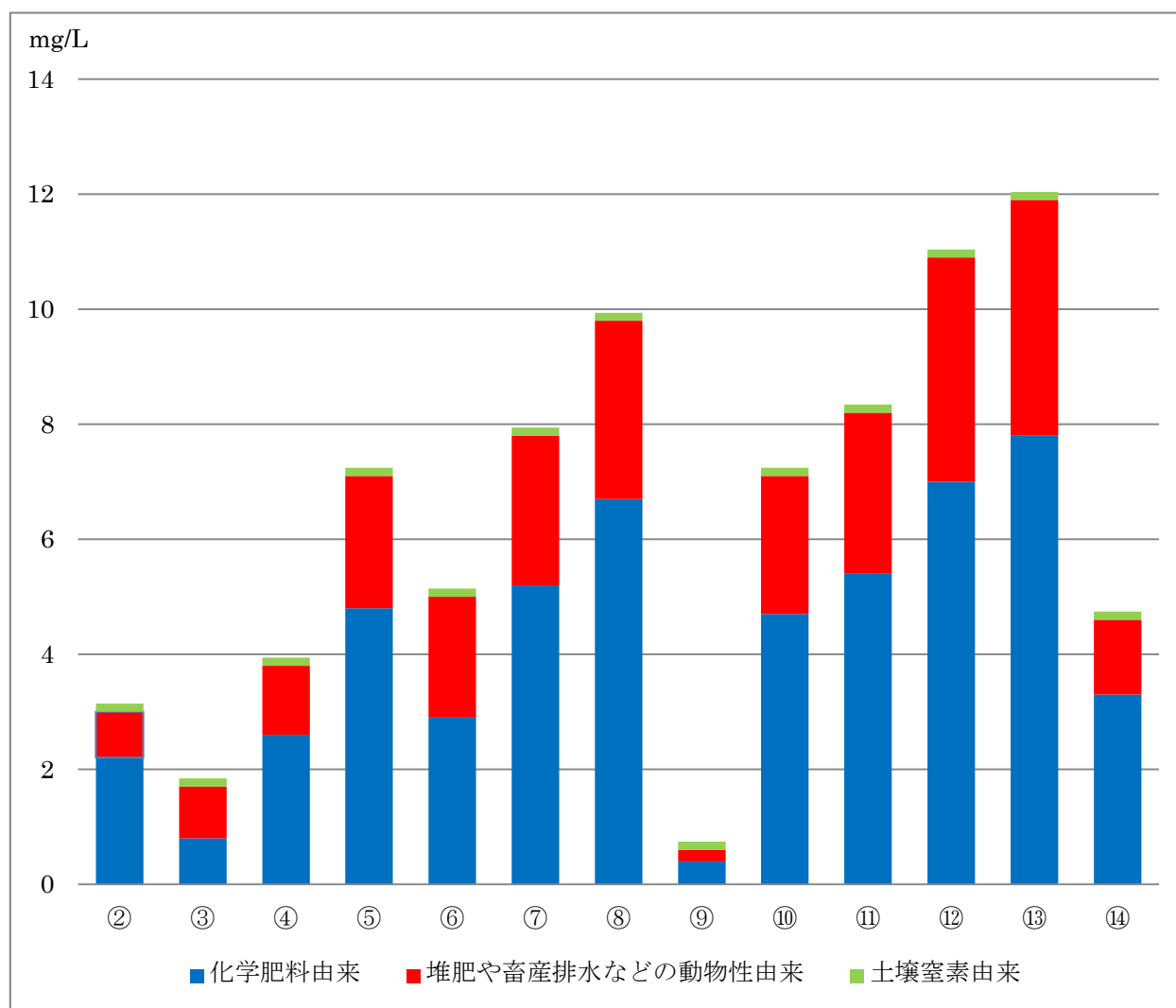
各窒素供給源の寄与率の平均値は、化学肥料由来が 62.5% (n=13, SD=8.1)、堆肥や畜産排水などの動物性由来が 33.6% (n=13, SD=6.0)、土壌窒素由来が 4.0% (n=13, SD=4.8) だった。堆肥や畜産排水などの動物性由来の窒素についても、3~4 割程度の寄与がある。土地利用の状況と畜産団地周辺であることから、主な供給源としては、果樹園や畑に施肥した堆肥と畜産団地から排出される浄化槽排水が挙げられる。

ここで、⑧井戸に着目すると、この井戸は畜産団地より上流側に位置しているため、浄化槽排水の影響を受けないと考えられる場所であるにもかかわらず、硝酸態窒素濃度が高い(9.9mg/L)。また、⑧井戸より下流側にある畜産団地周辺の井戸においても、⑧井戸の寄与率と類似している。

このことは、畜産団地周辺より上流側に、主たる窒素の供給源が存在することを意味するものであり、畜産団地内の浄化槽排水の影響よりも、果樹園や畑で施肥した堆肥由来の影響が相対的に大きいと考えられる。

果樹園や畑では化学肥料だけでなく、堆肥などの有機肥料も施肥している。例えば、りんご栽培で施肥に使用する肥料の窒素の重量比でみると、化学肥料と有機肥料はおよそ 1:1 で施肥されている。地下水への化学肥料の影響の大きさから、有機肥料由来の硝酸態窒素の影響も無視できない。有機肥料は遅効性であるため、硝酸態窒素としてすぐに流れ出すことはなく、化学肥料より地下水へ流出しにくい、動物性由来の窒素の寄与が 3~4 割程度あるうちの何割かは、果樹園や畑への施肥によるものである可能性が高い。

図 8.4 各窒素供給源の寄与率



9. まとめ

○地下水の硝酸態窒素濃度

畜産団地内の 2 ケ所の井戸では、硝酸態窒素濃度が環境基準を超え、また広域にわたって比較的高い濃度の硝酸態窒素濃度が検出された(0.75~12mg/L)。

○硝酸態窒素の供給源

③を除き、その他の地点については、6~7 割が化学肥料由来の窒素による影響と考えられる。また、残りの 3~4 割は堆肥や畜産排水などの動物性由来であるが、これには畑に施肥した堆肥などの有機肥料起源の窒素が含まれる。このことから、三郷地域および堀金地域でみられている地下水の硝酸態窒素の起源は、果樹園や畑に施肥した化学肥料および堆肥などの有機肥料であると考えられる。

10. 今後の展開について

現状では、畜産団地からの影響による周辺地下水の硝酸態窒素濃度の顕著な上昇は確認されなかった。

また、果樹園や畑由来の硝酸態窒素については、下流地域の地下水に影響を及ぼしていると考えられる。窒素濃度が高い地域では、肥料の施肥量が減少しているにもかかわらず、タイムラグがあつて、地下水の硝酸態窒素濃度の上昇がすぐには止まらないといった例も報告されていることから、対策を出来るだけ早期に開始することが望ましい。今後、果樹園や畑では今以上に施肥量の適正化に努め、畜産団地から排出される浄化槽排水、糞尿などは適正に処理するなどをしていく必要がある。

なお、今後も継続して周辺地下水の監視を実施していく必要があると考えられる。